文章编号：0454-6296（2000）02-0152-07

荔枝蝽取食行为的研究

刘雨芳，　古德祥
（中山大学昆虫所，生物防治国家重点实验室，广州　510275）

摘要：在越冬前和产卵期，荔枝蝽 *Tessaratoma papillosa* Drury 在寄主植物——荔枝树的花枝、嫩枝和老枝上都有取食行为。但在这两个不同时期，其取食行为有显著差异。在越冬前，只有 50%～70%的成虫在各类枝条上取食；而处于产卵期的荔枝蝽成虫，在各类枝条上，100%积极取食，且其取食前时间显著短于越冬前在同类枝条上的取食前时间。同一时期在不同枝叶上，荔枝蝽的取食行为也有显著差异。被置于嫩枝叶和花枝上的成虫取食前时间明显短于被置于老枝叶上者；在有选择的情况下，两个时期的成虫都明显地选择在花枝和嫩枝上取食。经分析测定：在不同生长时期，荔枝树的花枝和嫩枝的含水量与含氮量均较老枝叶中的高，可溶性糖含量的变化较大；组织结构也存在明显差异。

关键词：荔枝蝽；取食行为；寄主植物
中图分类号：Q968.1　　　**文献标识码**：A

荔枝蝽 *Tessaratoma papillosa* Drury 是我国华南地区荔枝和龙眼树上的一种重要害虫。蒲蛰龙[1]、刘志诚[2]等对其生物学，刘秀琼等[3]对其发育生理进行了研究。自 60 年代始至今，对荔枝蝽的防治研究报道较多。赵善欢等[4]、刘志诚[2]、林朝森和赵善欢[5]等人作了大量的化学防治研究工作；蒲蛰龙等自 60 年代开始研究利用平腹小蜂综合防治荔枝蝽以来，有黄明度等[6]、刘志诚等[7]，韩诗畴等[8]，刘建峰等[9]开展以生物防治为主的综合防治研究工作，取得了一定的成绩。刘雨芳和古德祥[10]对荔枝蝽的利它素进行了初步研究，试图为防治这种害虫寻找新的途径。荔枝树不同枝叶对荔枝蝽若虫的生长发育、成虫产卵量和寿命有显著影响（另文发表），但对荔枝蝽的取食行为等方面的研究尚未见有确切报道。本文对荔枝蝽在越冬前和产卵期的取食行为进行了观察研究，在荔枝蝽产卵期，分析了寄主植物不同枝叶的含水量、主要营养成分和组织结构，试图揭示荔枝蝽的食性秘密，为更有效地防治这种害虫提供理论依据。

1　材料和方法

在荔枝蝽越冬前（1996 年 10 月中旬）和产卵期（1997 年 3 月），在广州市海珠区磨碟沙附近的荔枝树上采集荔枝蝽成虫，置于养虫笼中，饥饿 48 h 后用于实验。

收稿日期：1998-06-05；修订日期：1998-12-17

将各类新鲜枝叶（花枝、嫩枝、老枝和混合枝-带花枝或嫩枝的老枝叶）于水中剪枝后，分别插入盛满清水的培养缸中，置于养虫笼内，接入荔枝蝽。在混合枝上接虫时，将虫接放于老枝叶上。在荔枝蝽体背编号以便于观察和记录，在每类枝叶上接雌、雄虫各 10 头。连续观察 2 h 内荔枝蝽的取食行为，记录各虫的取食前时间（从虫体被接上枝叶算起，到虫体口针刺入组织开始取食时的时间段）、刺吸取食次数（有取食行为的虫体每更换一次刺吸取食位点计为 1 次取食）和取食位点，计算在各类枝条上的平均取食前时间、平均刺吸取食次数和 2 h 内平均刺吸取食时间（平均值均从有取食行为成虫的各类指标求得）。

用自动元素分析仪热导检测法（美国 PERKIN-ELEMER 公司 240C 型元素分析仪）测定含氮量，蛋白质折算系数取 6.25。采用新鲜材料加热烘干法（70℃至恒定）测定含水量；用蒽酮比色法测定可溶性糖含量，以蔗糖溶液制作标准曲线[11]。

新鲜材料徒手切片法制片，在显微镜下观察其结构特点。

2　结果与分析

2.1　越冬前和产卵期荔枝蝽雌雄成虫在不同枝叶上的取食行为

在越冬前和产卵期，荔枝蝽雌、雄成虫经饥饿 48 h 后，在老枝叶、嫩枝叶和花枝上都有明显的刺吸取食行为，但在这两个不同时期内，荔枝蝽的取食行为有着明显的差别。处于产卵期的荔枝蝽雌、雄成虫发生取食行为的虫口百分率明显高于在越冬前的；取食前的停滞时间也是前者显著短于后者；在 2 小时的观察时间内，处于产卵期的荔枝蝽雌、雄成虫总的取食时间明显长于在越冬前的成虫的取食时间，而且产卵期成虫在取食时，较少发生转移，因而取食次数低于越冬前的，与越冬前比较，产卵期成虫被置于带花枝和嫩枝的混合枝叶上时，更明显地选择在花枝和嫩枝上取食（表 1 和表 2）。

荔枝蝽在不同枝叶上的刺吸取食行为也有明显的差别。荔枝蝽在接触到嫩枝叶和花枝后，停留时间较短，个别成虫甚至即刻开始取食；接触到老枝叶后，取食前时间较长。其次，取食老枝叶的荔枝蝽在较长时间内固定在一个位点吸食，被置于嫩枝叶上的成虫第 1 次刺吸取食的时间较长，以后则较频繁地变更刺吸取食位点。另外，成虫在嫩枝、花枝和老枝上的取食位点不同，成虫在老枝叶的叶面（主要在叶脉处）吸食，无一在枝条上（茎上）吸食；置于嫩枝叶和花枝上的成虫则主要在枝条（茎）上刺吸取食。被置于混合枝的老枝叶上，成虫最初在枝叶间爬行。在越冬前，有 50％的雌虫和 40％的雄虫爬至嫩枝上取食，其中最快的在接触到枝叶后 4 min，即可爬至嫩枝上取食；20％的雌虫和 10％的雄虫留在老枝叶上取食；10％的雄虫先在老叶上取食，继而转移至嫩枝上取食；在产卵期，70％的成虫爬至嫩枝上取食，20％的个体首先在老叶上取食，继而转移至嫩枝上取食，有 10％的成虫留在老叶上取食。取食位点与在纯嫩（老）枝叶上的情况相同。在无选择的情况下，在老枝上取食的虫口百分率与在嫩枝上取食的虫口百分率无大的差别，但提供混合枝食料，有选择的可能时，荔枝蝽明显选择在嫩枝上取食。在混合枝的嫩枝上的取食前时间比在纯嫩枝上的为长，这是由于虫体寻找嫩枝需要一定的时间。置于带花枝的老叶上时，80％的雌虫和 70％的雄虫迅速爬至花枝上刺吸取食，有 10％的雌虫和 20％的雄虫在老叶上刺吸一段时间后转移至花枝上取食，只有 10％的成虫仍留在老叶上取食。

表1 越冬前和产卵期荔枝蝽雌成虫在不同枝叶上的取食行为（平均值±标准差）*

Table 1 Feeding behavior of female adults of the litchi stink bug on 5 types of branches of the host plant in their pre-overwintering and reproductive stages（Mean ± *SD*）*

枝叶类别 Type of branch	观察时期 Observation stage	取食虫数（%） Percentage of adults feeding	取食前时间（分） Pre-feeding period（min）	取食次数 Feeding times	取食时间（分） Feeding duration（min）
老枝叶 Tough	越冬前 Pre-overwintering	60	39.50 ± 24.57 a	2.0	76.77 ± 22.91 b
	产卵期 Reproductive stage	100	10.10 ± 32.73 b	1.0	109.90 ± 2.73 a
嫩枝叶 Tender	越冬前 Pre-overwintering	70	15.57 ± 11.87 a	6.0	94.70 ± 8.56 b
	产卵期 Reproductive stage	100	4.30 ± 1.34 b	1.0	115.70 ± 1.34 a
花枝 Flowering	越冬前 Pre-overwintering	—	—	—	—
	产卵期 Reproductive stage	100	4.00 ± 1.05	1.1	115.80 ± 1.55
混合枝（带嫩枝） Tough with tender	越冬前 Pre-overwintering	70:			
		50（嫩枝 Tender）	28.20 ± 20.72 b	2.0	92.00 ± 17.90 c
		20（老枝 Tough）	45.00 ± 21.22 a	1.5	65.00 ± 35.36 d
	产卵期 Reproductive stage	100:			
		70（嫩枝 Tender）	6.00 ± 0.96 e	1.0	113.80 ± 0.90 a
		10（老枝 Tough）	11.00 ± 0.00 c	1.0	109.00 ± 0.00 ab
		20（老枝 Tough→嫩枝 Tender）	10.50 ± 2.12 cd	2.0	105.00 ± 4.24 b
混合枝（带花枝） Tough with flowering	越冬前 Pre-overwintering	—	—	—	—
	产卵期 Reproductive stage	100:			
		80（花枝 Flowering）	6.63 ± 1.03 c	1.0	113.40 ± 1.03 a
		10（老叶 Tough）	12.00 ± 0.00 a	1.0	108.00 ± 0.00 b
		10（老叶 Tough→花枝 Flowering）	9.00 ± 0.00 b	2.0	108.00 ± 0.00 b

* 观察虫数为10头，观察时间为2 h；平均值后有相同字母者表示差异不显著（$P > 0.05$，Duncan's新复极差检验）。表2同此

* 10 individuals were observed for 2 h and means followed by the same letter are not significantly different（$P > 0.05$，Duncan's multiple range test）. The same for Table 2

2.2 在荔枝蝽产卵期不同枝叶食料含水量及主要营养成分分析

测定结果表明：花（果）枝和嫩枝各期的含水量均在70%以上，而老枝叶各期的含水量均在60%以下，即含水量的差别比较明显；含氮量以嫩枝含量最高，各期含氮量均高于

28.5mg/g 干重，花枝的含氮量接近于嫩枝的含氮量，幼果枝的含氮量偏低，但仍高于老枝中的含氮量。在荔枝蝽产卵期，老枝的含氮量最低，但在收果末期后，老枝叶中的含氮量有明显提高。在不同的生长时期，可溶性糖含量变化较大，但以花（果）枝中含量最高，老枝中含量第二，以嫩枝中含量最低（表 3）。

表 2　越冬前和产卵期荔枝蝽雄成虫在不同枝叶上的取食行为（平均值±标准差）

Table 2　Feeding behavior of male adults of the litchi stink bug on 5 types of branches of the host plant in their pre-overwintering and reproductive stages（Mean ± *SD*）

枝叶类别 Type of branch	观察时期 Observation stage	取食虫数（%） Percentage of adults feeding	取食前时间（分） Pre-feeding period（min）	取食次数 Feeding times	取食时间（分） Feeding duration（min）
老枝叶 Tough	越冬前 Pre-overwintering	50	43.30 ± 15.18 a	2.2	76.77 ± 22.91 b
	产卵期 Reproductive stage	100	10.00 ± 3.53 b	1.2	109.90 ± 2.73 a
嫩枝叶 Tender	越冬前 Pre-overwintering	60	15.50 ± 11.87 a	4.2	94.70 ± 8.56 b
	产卵期 Reproductive stage	100	5.80 ± 1.93 b	1.2	115.70 ± 1.34 a
花枝 Flowering	越冬前 Pre-overwintering	—	—	—	—
	产卵期 Reproductive stage	100	4.30 ± 1.42	1.2	115.80 ± 1.55
混合枝（带嫩枝） Tough with tender	越冬前 Pre-overwintering	60： 40（嫩枝 Tender） 10（老枝 Tough） 10（老枝 Tough→嫩枝 Tender）	 28.25 ± 10.56 c 59.00 ± 0.00 a 45.00 ± 0.00 ab	 1.8 2.0 2.0	 92.00 ± 13.49 d 54.00 ± 0.00 f 70.00 ± 0.00 e
	产卵期 Reproductive stage	100： 70（嫩枝 Tender） 10（老叶 Tough） 20（老枝 Tough→嫩枝 Tender）	 8.85 ± 3.44 e 11.00 ± 0.00 de 15.50 ± 4.95 d	 1.1 1.0 2.0	 111.00 ± 3.37 a 109.00 ± 0.00 ab 104.50 ± 4.95 bc
混合枝（带花枝） Tough with folwering	越冬前 Pre-overwintering	—	—	—	—
	产卵期 Reproductive stage	100： 70（花枝 Flowering） 10（老叶 Tough） 20（老枝 Tough→花枝 Flowering）	 8.43 ± 3.46 c 10.00 ± 0.00 ab 11.50 ± 0.71 a	 1.1 1.0 2.0	 111.57 ± 3.46 a 110.00 ± 0.00 ab 102.50 ± 2.12 c

表3 不同枝叶中含水量、含氮量、可溶性糖含量分析*

Table 3 The contents of water, nitrogen and soluble sugars in 3 types of branches of the host plant during the reproductive stage of litchi stink bug*

取样日期（月·日）Sampling date	枝叶类别 Type of branch	含水量（%）Content of water	含氮量（蛋白质含量）(mg/g) Content of nitrogen (protein)	可溶性糖含量 (mg/g) Content of soluble sugars
3·27	花（果）枝 Flower-fruiting	76.08	—	9.87
	嫩枝叶 Tender	78.79	—	4.29
	老枝叶 Tough	55.42	—	6.56
4·11	花（果）枝 Flower-fruiting	74.39	27.3 (170.63)	10.26
	嫩枝叶 Tender	78.24	29.9 (186.87)	4.38
	老枝叶 Tough	59.12	15.8 (98.65)	6.39
5·15	花（果）枝 Flower-fruiting	70.68	19.8 (124.75)	12.82
	嫩枝叶 Tender	72.79	28.5 (178.13)	5.56
	老枝叶 Tough	51.17	17.9 (111.88)	7.08
7·5	花（果）枝 Flower-fruiting	—	—	—
	嫩枝叶 Tender	80.42	28.9 (180.63)	2.12
	老枝叶 Tough	59.41	24.7 (154.36)	5.57

* 含氮量与可溶性糖含量为干重比

* The contents of nitrogen and soluble sugars were calculated as the ratio to dry weight

2.3 不同枝叶食料组织结构特点和硬度分析

对荔枝树老枝叶和嫩枝叶徒手切片，镜检发现：老叶横切面的叶表皮细胞短园柱形，细胞壁较厚，表皮细胞外有一明显较厚的角质层，栅栏组织排列整齐，海绵组织排列疏松，间隙多而大，叶脉维管束发达，在维管束的周围有大量的机械组织，老叶质地较硬。老枝条的横切片结构也显示表皮细胞外角质层较厚，皮层内含有大量的厚壁细胞，薄壁组织细胞较少，质地较硬。嫩叶横切面的结构为表皮细胞呈长圆柱形，其外面的角质层较老叶的为薄，叶肉组织的分化没有老叶明显，维管束周围的机械组织不发达。嫩枝条的横切面结构为表皮细胞外角质层较薄，皮层内含大量的薄壁组织细胞，机械组织主要为厚角组织。嫩枝嫩叶的质地较柔软（图1）。

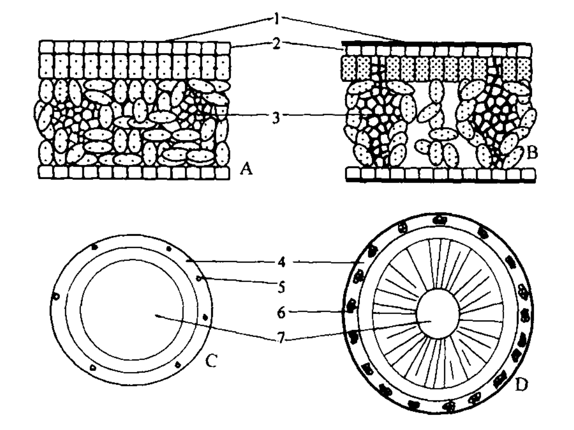


图1 荔枝不同发育时期的茎、叶横切面结构示意图

Fig. 1 Cross sections of the tender and toughes branches of litchi

A：嫩叶 Tender leaf；B：老叶 Tough leaf；C：嫩茎 Tender stem；D：老茎 Tough stem

1. 角质层 Cuticle；2. 表皮 Epidermis；3. 维管束 Vascular bundle；4. 皮层 Cortex；5. 厚角组织 Collenchyma；6. 厚壁组织 Sclerenchyma；7. 髓 Pith

3 讨论

对昆虫取食行为的研究，最终有可能

揭示昆虫食性的秘密，从而为人为地干扰害虫对寄主植物种类或取食部位的选择，设计害虫综合防治的新方法提供线索[12]。荔枝蝽成虫在老枝叶、嫩枝和花枝上都有刺吸取食行为，在有选择的情况下，选择在嫩枝和花枝上取食，在产卵期这种选择性更加明显。但在越冬前和产卵期，成虫对食物质量的要求不一样，因而在取食行为上存在较明显的差异。在越冬前，荔枝蝽成虫处于不活跃的生活期，生殖系统的发育速度较慢，为缓慢的营养累积阶段，对食物的要求不十分强烈。而在产卵期，荔枝蝽成虫处于活跃的生活期，卵粒快速生长，需要补充大量营养，尤其是蛋白质，因而虫体选择在含氮量较高的嫩枝叶和花枝上取食，且在刺吸取食时较少转移，即在同一枝条同一取食点一次性长时间地大量取食。这种取食特性容易超过枝条的耐受能力而造成花枝的枯萎，引起落花落果，可能是其危害较重的直接原因。

食料中蛋白质的含量往往是影响植食性昆虫选择食物的重要因素[13]，含氮量高的花枝和嫩枝有利于荔枝蝽的生长和繁殖，能满足成虫在产卵期对食物的营养要求。食料植物的含水量情况对植食性昆虫的取食和营养有着两方面的影响：第一，食料植物中的含水量常作为一个助食因子影响植食性昆虫的取食行为。昆虫可通过味觉或触觉感知食料表面的湿度来判断食料的含水情况。大多数植食性昆虫喜食含水量较高的食料，拒食或少食含水量低的食料。第二，含水量的变化引起食料植物的营养价值发生改变从而影响植食性昆虫的取食行为。食料含水量低，不利于昆虫对食料的消化和利用，营养效应差。荔枝树的花（果）枝和嫩枝的含水量较老枝的为高，有较好的营养效应，能吸引荔枝蝽大量取食，促进其生长、发育和繁殖，有利于其种群发展，因而在与寄主植物的长期协同进化中形成了它的取食选择。

食料植物表面和内部结构的差异也常常使刺吸式昆虫感觉到穿刺食料植物的组织时所遇到的阻力存在明显差异，这也在一定程度上影响刺吸式昆虫的取食行为。在大多数情况下，刺吸式昆虫以韧皮部汁液为食物来源[14]。对刺吸式口器昆虫的取食和口针穿刺行为等在国外研究得最多的是蚜虫。研究者们应用 EPG 技术、同位素示踪技术和电子显微镜等方法建立了蚜虫口针穿刺食物时各种波谱与穿刺和取食之间的联系[12,14,15]。刺吸式昆虫口针到达植物组织韧皮部、筛管之前，必须穿透组织外角质层、表皮和皮层。荷兰学者 Tjailingii 等人的研究证明蚜虫口针在植物组织中并非穿透细胞行进，而是沿着细胞的外壁曲折地前进[15]。荔枝蝽的口针是以何种方式到达筛管和导管的（以口针穿透外层组织还是沿着细胞的外壁曲折地前进?），目前尚未见有资料报道。但从对食料组织结构特点分析推测：不管采取哪种方式到达筛管和导管，荔枝蝽穿刺老枝叶所受到的阻力要比穿刺嫩枝叶所受阻力大，消耗的能量也是前者大于后者。这可能也是荔枝蝽弃老枝叶而选择在嫩枝、花（果）枝上取食的原因之一。

参 考 文 献 （References）

[1] 蒲蛰龙．利用平腹小蜂防治荔枝蝽试验初报．植物保护学报，1962，1（3）：301～306

[2] 刘志诚．荔枝蝽蟓生物学特性及其防治的初步研究．植物保护学报，1965，4（4）：329～339

[3] 刘秀琼、黄淑汉、周薰薇等．荔枝蝽蟓胚胎发育研究．昆虫学报，1966，15（3）：227～237

[4] 赵善欢、陈观炳、黄彰欣等．应用敌百虫防治荔枝蝽蟓的大田实验．植物保护学报，1964，3（2）：123～130

[5] 林朝森，赵善欢．荔枝蝽蟓的化学不育实验．昆虫学报，1983，26（4）：379～385

[6] 黄明度，麦秀慧，吴伟南等．荔枝蝽蟓卵寄生蜂－平腹小蜂的生物学及其应用的研究．昆虫学报，1974，17（4）：362～372

[7] 刘志诚，王志勇，孙恕纫等. 利用人工寄主卵繁殖平腹小蜂防治荔枝蝽. 生物防治通报，1986，2（2）：54～58
[8] 韩诗畴，陈巧贤，许 雄等. 体外培育平腹小蜂防治荔枝蝽蟓. 昆虫天敌，1988，10（3）：170～173
[9] 刘建峰，刘志诚，王春夏等. 大量繁殖平腹小蜂防治荔枝蝽蟓的研究. 昆虫天敌，1995，17（4）：177～178
[10] 刘雨芳，古德祥. 平腹小蜂搜索寄主利它素的初步研究. 中国有害生物综合防治学术讨论会论文集. 昆明，农业出版社. 1996，1 660～1 666
[11] 张成良主编. 植物生理学实验指导（第二版）. 北京：高等教育出版社，1993，1～3，160～162
[12] 韩心丽，严福顺. 大豆蚜在寄主与非寄主植物上的口针刺吸行为. 昆虫学报，1995，38（3）：278～283
[13] Schroeder，L. A. Protein limitation of a tree leaffeeding Lepidopteran. Entomol. Exp. Appl. 1986，41：115～120
[14] 雷 宏，徐汝梅. EPG－一种研究植食性刺吸式昆虫刺探行为的有效方法. 昆虫知识，1996，33（2）：116～120
[15] 严福顺. 蚜虫口针的刺探行迹和跟踪研究方法. 动物学杂志，1995，30（3）：40～44

An investigation on feeding behavior of the litchi stink bug: *Tessaratoma papillosa* (Hemiptera: Pentatomidae)

LIU Yu-fang，GU De-xiang

（Institute of Entomolgy，Zhongshan University，State Key Laboratory for Biological Control，Guangzhou 510275）

Abstract: Adult feeding of the stink bug，*Tessaratoma papillosa* Drury occurred on flowering，tender and tough branches of the host-plant，litchi. However，their feeding behavior in their pre-overwintering and reproductive stages was obviously different. 50%～70% and 100% of adults fed on all the three kinds of branches in their pre-overwintering and reproductive stages，respectively. Placed on these branches，the pre-feeding period of the stink bugs at pre-overwintering stage was longer than that at reproductive stage. The feeding behavior of the stink bugs on different kinds of branches differed greatly. The pre-feeding period of the stink bugs on flowering or tender branches was much shorter than that on tough one. The stink bugs preferred feeding flowering and tender branches in the choice test. The contents of water，nitrogen and soluble sugars in flowering and tender branches were higher than that in tough one and the content of soluble sugars in all three types of branches varied during the reproductive stage of the stink bug. Tender and flowering branches differed from tough one in morphology and histology.

Key words: *Tessaratoma papillosa*; feeding behavior; host plant